

00714945

B10

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :  G05B 17/02, 23/02	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/12301  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. April 1997 (03.04.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/01815	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 25. September 1996 (25.09.96)	Veröffentlicht	
(30) Prioritätsdaten: 195 35 549.0 25. September 1995 (25.09.95) DE	Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).		
(72) Erfinder; und		
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SONST, Horst [DE/DE]; Grundstrasse 14, D-91093 Hessdorf (DE). FISCHER, Horst [DE/DE]; Wittelsbacher Strasse 76B, D-90475 Nürnberg (DE). LÖWEN, Ulrich [DE/DE]; Mozartstrasse 54, D-91052 Erlangen (DE). FREITAG, Hartmut [DE/DE]; Südring 28, D-91230 Happurg (DE). WEHN, Norbert [DE/DE]; Schopenhauerstrasse 28, D-85579 Neubiberg (DE). ROSEN, Roland [DE/DE]; Am Ländtibogen 6, D-82211 Herrsching (DE).		

(54) Title: DRAFTING METHOD FOR INDUSTRIAL AND BUILDING SYSTEMS AND COMPUTER-CONTROLLED PLANNING SYSTEM FOR USE IN SAID METHOD

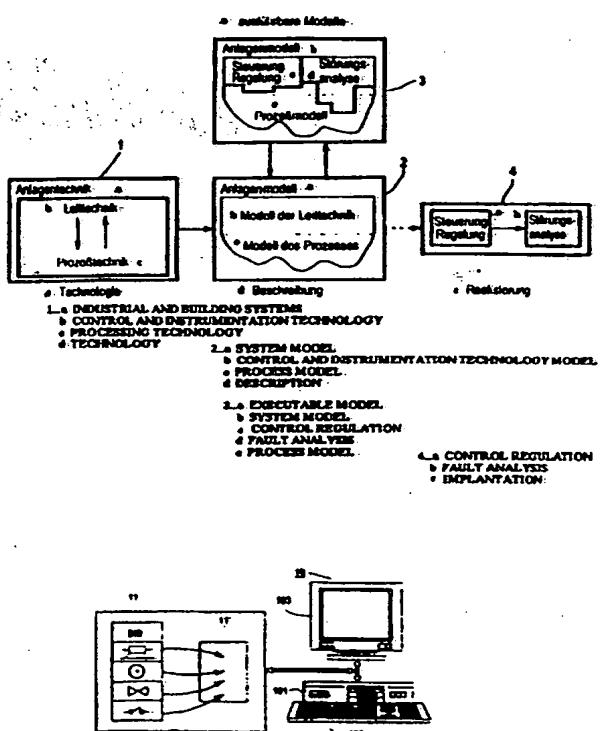
(54) Bezeichnung: ENTWURFSVERFAHREN FÜR DIE ANLAGENTECHNIK UND RECHNERGESTÜTZTES PROJEKTIERUNGSSYSTEM ZUR VERWENDUNG BEI DIESEM VERFAHREN

## (57) Abstract

For the automation of industrial plants in particular the plant technology can be described by processing technology on the one hand and control and instrumentation technology on the other. According to the invention, industrial process objects are formed from models of the process and control and instrumentation technology and processed in a computer-controlled planning system from which interlinked models are generated by control and/or regulation and/or simulation, including breakdown analysis. With the associated planning system, a computer (10) is used in a similar manner to access a component library (11) comprising industrial process elements and to access a description (12) of the elements of the actual plant from the viewpoint of a processing engineer.

## (57) Zusammenfassung

Insbesondere für die Automatisierung von Industrieanlagen lässt sich die Technologie der Anlage durch Prozeßtechnik einerseits sowie durch Leittechnik andererseits beschreiben. Gemäß der Erfindung werden aus Modellen des Prozesses und der Leittechnik verfahrenstechnische Objekte gebildet, die in einem rechnergestützten Projektierungssystem verarbeitet werden, woraus ineinander verzahnte Modelle mit Steuerung und/oder Regelung und/oder Simulation einschließlich Störungsanalyse erzeugt werden. Beim zugehörigen Projektierungssystem erfolgt mit einem Rechner (10) gleichermaßen ein Zugriff auf eine Komponentenbibliothek (11) von verfahrenstechnischen Elementen und auf eine Beschreibung (12) der Elemente der konkreten Anlage aus der Sicht eines verfahrenstechnischen Technologen.



**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LJ	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estonia	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauritanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

**Beschreibung**

Entwurfsverfahren für die Anlagentechnik und rechnerge-  
stütztes Projektierungssystem zur Verwendung bei diesem

**5 Verfahren**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Entwurfsverfahren für die  
Anlagentechnik, insbesondere zur Verwendung bei der Automati-  
sierung von Industrieanlagen, wobei die Technologie der  
10 Anlage durch Prozeßtechnik einerseits und durch Leittechnik  
andererseits beschrieben wird. Daneben bezieht sich die Er-  
findung auch auf ein rechnergestütztes Projektierungssystem  
zur Verwendung bei diesem Verfahren, enthaltend einen Digi-  
talrechner mit Zentraleinheit, Arbeits-, Programm- und Daten-  
15 speichern und mit Mitteln zur Codegenerierung.

Bei der Automatisierung von Industrieanlagen wird bisher im  
allgemeinen von einer vorgegebenen Prozeßtechnik ausgegangen,  
zu welcher eine zugehörige Leittechnik entwickelt werden muß,  
20 was üblicherweise von einem Elektrotechniker als Projekteur  
durchgeführt wird.

Eine wesentliche Aufgabe bei der Konzeption der Leittechnik  
einer Anlage ist zunächst einmal eine Aufgabenklärung, die  
25 zusammen mit dem späteren Betreiber der Anlage erfolgen muß.  
Wesentlich ist dabei die Erstellung einer externen Spezi-  
fikation, welche die Anforderungen an die zu projektierende  
Leittechnik beschreibt. Üblich ist heutzutage, daß dazu ein  
Technologe mit dem Projekteur zusammenarbeitet. Als Ergebnis  
30 entstehen dabei Funktionspläne, d.h. eine Beschreibung der zu  
lösenden Projektierungsaufgabe aus der Sicht des Elektro-  
technikers.

Bei der Umsetzung solcher Funktionspläne in eine weiter-  
35 bearbeitbare softwaremäßige Lösung gibt es jedoch häufig  
Probleme, weil Diskrepanzen zwischen externer Spezifikation  
und der fertigen Lösung entstehen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, die bisher bekannten Entwurfsverfahren für die Anlagentechnik zu verbessern und zugehörige Werkzeuge zu schaffen.

5

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch folgende Maßnahmen gelöst:

- Es werden aus Modellen der Prozesse und der Leittechnik verfahrenstechnische Objekte gebildet,
- die verfahrenstechnischen Objekte werden in einem rechnergestützten Projektierungssystem verarbeitet,
- daraus werden ineinander verzahnte Modelle bestehend aus Steuerung und/oder Regelung und/oder Simulation einschließlich Störungsanalyse erzeugt.

10

Bei der Erfindung ist das Verfahrensergebnis als Software und/oder als Hardware ausführbar. Wesentlich ist, daß zur Beschreibung der Anlage jeweils rechnergestützt die Modelle des Prozesses und der Leittechnik in einem Anlagenmodell zusammengefaßt und daraus automatisiert ineinander verzahnte Modelle erstellt werden.

15

Im Rahmen der Erfindung werden jeweils anwendungsneutrale Beschreibungsmittel gewählt. Insbesondere kommt es darauf an, die Spezifikation so technologienah zu wählen, daß die verfahrenstechnische Lösung erkennbar ist, wobei die Funktionsbeschreibung der Strukturbeschreibung untergeordnet ist. Solche Spezifikationen können dann formal analysiert und simulativ validiert werden. Damit ist es möglich, unmittelbar aus der Spezifikation einen Code für das im Rahmen des Projektierungssystem zu verwendende Automatisierungsgerät zu erzeugen.

20

Besonders vorteilhaft ist beim erfindungsgemäßen Verfahren, daß die bei der Projektierung entwickelten Modelle anschließend unmittelbar bei der Anlagenrealisierung verwendet werden. Im Ergebnis ergibt sich dadurch ein wesentliches Einsparpotential.

Bei einem geeigneten Projektierungssystem zur Verwendung bei dem erfindungsgemäßen Entwurfsverfahren erfolgt mit dem Digitalrechner gleichermaßen ein Zugriff auf eine Bibliothek von Komponententypen und auf eine Beschreibung der Komponenten der konkreten Anlage. Entscheidend ist dabei, daß für die Benutzung der Komponentenbibliothek die Beschreibung aus der Sicht des verfahrenstechnischen Technologen definiert ist. Vorzugsweise hat die Komponentenbibliothek eine branchenspezifische Auslegung.

10

Mit dem erfindungsgemäßen Projektierungssystem ist also ein Werkzeug geschaffen, bei dem die Komponententypen aus der Sicht des Technologen definiert sind und ein unmittelbarer Bezug zur Prozeßtechnik besteht.

15

Die Erfindung wurde beispielhaft im Rahmen der Papiertechnologie untersucht und es wurde ein Demonstrator für eine Altpapieraufbereitung erstellt. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, daß die erzielten Ergebnisse auf andere Bereiche der Anlagentechnik verallgemeinerbar sind.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen jeweils als Prinzipdarstellung

- Figur 1 das neue Entwurfsverfahren,
- Figur 2 das zugehörige Projektierungssystem,
- Figur 3 der hierarchische Aufbau der dabei als Komponententypen verwendeten verfahrenstechnischen Elemente,
- Figur 4 die Beschreibung einer Anlage mit dem Projektierungssystem,
- Figur 5 die dabei verwendete Methode zur automatischen Codegenerierung und
- Figur 6 das Vorgehen bei der Fehlerdiagnose.

Unter einer Anlage versteht man im allgemeinen die Gesamtheit der Ausrüstungen eines Betriebs, die zur Produktion, zur Fertigung, zur Energieerzeugung und/oder zu Förder- bzw. Transportzwecken erforderlich sind. Im Nachfolgenden werden unter 5 dem Begriff "Industrieanlage" überwiegend Großanlagen wie beispielsweise Kraftwerke, Müllverbrennungsanlagen oder auch Papierfabriken verstanden.

Zur Erstellung einer Anlage müssen unterschiedliche Partner 10 zusammenwirken: Dies ist einmal der Betreiber, dessen Ziel es ist, durch das Anbieten von Dienstleistungen bzw. Produkten ein Ergebnis zu erzielen. Dazu orientiert er sich an den Bedürfnissen des Marktes. Er formuliert seine Ziele mit Hilfe von Begriffen wie Durchsatz, Kosten, Qualität und/oder Produktivität. 15

Vom Betreiber der künftigen Anlage nehmen üblicherweise Technologen die Anforderungen entgegen und setzen sie um in einen Entwurf für eine Anlagenkonfiguration. Technologen benötigen dabei Wissen über notwendige Verfahrensschritte, da sie für die Auslegung der verschiedenen Anlagenteile zuständig sind. Als Ergebnis erzeugen die Technologen ein Technologieschema, in dem die einzelnen Maschinen, Sensoren, Stellglieder, aber auch Material-, Wirk- und Informationsflüsse 25 festgelegt sind.

Da für gewisse Verfahrensschritte der Anlage Einzellösungen in Form von Maschinen und Ausrüstungen, die von Komponentenlieferanten angeboten werden, bereits vorhanden sind, ist es 30 zweckmäßig, zwischen Lieferanten für die Prozeßtechnik und Lieferanten für die Leittechnik zu unterscheiden. Üblicherweise erstellen Systemintegratoren aus den einzelnen Komponenten der Komponentenlieferanten die komplette Anlage.

35 Wesentlich für ein erfolgreiches Entwurfsverfahren sowie die weitere Erstellung bei der Anlagentechnik ist die technologische Kompetenz, welche für die Leittechnik einerseits und

für die Prozeßtechnik andererseits maßgebend ist. Die Leittechnik umfaßt dabei alle Einrichtungen, die zum automatischen Betrieb der Anlage notwendig sind. Dazu gehören beispielsweise unter anderem die Aktoren und Sensoren, die Hard- und Software der Automatisierungsebene und die Komponenten der Leit- und Führungstechnik der Anlage. Die eigentliche Prozeßtechnik wird dagegen durch Aggregate, Pumpen, Ventile u. dgl. beschrieben.

- 10 In Figur 1 geht der Block 1 von der bekannten Technologie einer zu projektierenden Anlage aus. Für die Anlagentechnik ist dabei sowohl die Leittechnik als auch die Prozeßtechnik von Bedeutung, welche miteinander in Wechselwirkung stehen. Anhand von Block 2 wird die zugehörige Beschreibung verdeutlicht: Das Anlagenmodell besteht dabei einerseits aus einem Modell der Leittechnik und andererseits aus einem Modell des Prozesses, welche zumindest einmal voneinander zu trennen sind. Im Block 3 sind die ausführbaren Modelle eingetragen, die im einzelnen miteinander verzahnt sind. Dabei verdeutlicht die Verzahnung, daß nunmehr erstmalig die bisher üblichen Abgrenzungen aufgehoben sind. Insbesondere die Teilmodelle greifen jeweils auf solche Informationen, die in anderen Teilmödellen bereits beschrieben sind, zurück. Eine doppelte Beschreibung unterbleibt also, was insbesondere bei 20 einer im allgemeinen immer notwendigen Störungsanalyse Vorteile hat.

Gemäß Figur 1 sind dem Prozeßmodell entsprechende Einheiten zur Steuerung und/oder Regelung und/oder Simulation einerseits sowie zur Störungsanalyse andererseits zugeordnet. Schließlich umfaßt der Block 4 die spätere Realisierung der Anlage mit entsprechender Störungsanalyse.

Bei der Vorgehensweise entsprechend Figur 1 ist die Basis des Entwurfsverfahrens eine technologienahe Beschreibung der Struktur einer Anlage und deren Funktionsweise. Durch die Kombination von Techniken zum Entwurf von Steuerungen und

Regelungen, zur Simulation und zur Diagnose wird ein ausführbares Anlagenmodell erstellt, das den Spezifikationen entspricht.

- 5 Die Spezifikation für das Anlagenmodell kann anschließend im einzelnen formal analysiert und simulativ validiert werden, d.h. durch Simulationsrechnungen bestätigt werden. Die Simulation erfolgt mit graphischer Unterstützung, um gemeinsam dem Technologen die Aufgabenklärung zu verdeutlichen und  
10 ggfs. die Spezifikation zu modifizieren. Die validierte Spezifikation wird dahingehend genutzt, daß daraus weitestgehend automatisch ein Code für Automatisierungssysteme erzeugt werden kann, was im einzelnen in der europäischen Patentveröffentlichung EP-A-0 671 027 für spezifische An-  
15 wendungszwecke bei der Bahntechnik beschrieben ist.

Ein System zur Verwendung bei einer Vorgehensweise gemäß Figur 1 beinhaltet eine technologienahe Beschreibung der betreffenden Anlage. Dabei setzt sich die konkrete Anlage zusammen aus Objekten der Komponentenbibliothek und wird so auf die abzubildende Anlage über Parameter und Wechselbeziehungen eingestellt. Wichtig ist, daß die Komponententypen aus der Sicht des Technologen definiert wurden, so daß nunmehr ein unmittelbarer Bezug zur Prozeßtechnik möglich ist. Für  
20 die einzelnen Komponententypen wird die Struktur gemeinsam auf die abzubildende Anlage über Parameter und Wechselbeziehungen eingestellt. Wichtig ist, daß die Komponententypen aus der Sicht des Technologen definiert wurden, so daß nunmehr ein unmittelbarer Bezug zur Prozeßtechnik möglich ist. Für  
25 die einzelnen Komponententypen wird die Struktur gemeinsam für alle Anteile der Entwurfsverfahren und das Verhalten unter den Aspekten Steuerung und Regelung, Prozeßsimulation und Störungsanalyse spezifiziert. Die Komponenten der konkreten Anlage erhält man daraus durch Instanziierung der  
30 Komponententypen.

In Figur 2 kennzeichnet 10 einen üblichen Digitalrechner mit Zentraleinheit 101, Eingabeeinheit 102 und Monitor 103. Die Zentraleinheit 101 beinhaltet u.a. Arbeits-, Programm- und  
35 Datenspeicher, die nicht im einzelnen dargestellt sind. Wesentlich ist im vorliegenden Zusammenhang, daß im Datenspeicher eine Komponententypbibliothek 11 von verfahrenstechni-

schen Elementen vorhanden ist, die sich zu komplexeren Objekten kombinieren lassen. Letzteres ist in Figur 2 durch den separaten Block 11, der mit der Zentraleinheit 101 bzw. dem Monitor 103 verbunden ist, angedeutet. Durch Instanziierung 5 einzelner Elemente lassen sich im Bereich 11' solche Objekte als Modelle bilden und unmittelbar auf dem Monitor 103 darstellen.

In Figur 3 ist verdeutlicht, daß die Komponentenbibliothek 12 10 einen hierarchischen Aufbau hat. Beispielsweise sind in einer untersten Ebene 111 Sensoren und Aktoren vorhanden und in der nächsten Ebene 112 Ventile und Motoren als sog. Typicals. In den darüberliegenden Ebenen 113 bis 116 folgen komplexere 15 Komponenten sowie Teilanlagen, Anlagen und die Fabrik als komplettete Industrieanlage. Solche Objekte können vom Benutzer unmittelbar abgerufen werden.

In Figur 4 stellt Block 11 eine solche Komponentenbibliothek dar, die branchenspezifisch strukturiert ist, und Block 12 20 eine zugehörige zu projektierende Industrieanlage. Die Beschreibung der konkreten Anlage 12 entsprechend der Vorgehensweise gemäß Figur 1 erfolgt durch Instanziierung der Komponenten aus der Komponentenbibliothek 11. Durch Hinzufügen der Parameterwerte mit entsprechenden Wechselbeziehungen 25 der Anlage 12 läßt sich die Beschreibung selbst realisieren. Durch die Berücksichtigung der Anlagenstruktur wird dabei für die einzelnen Anteile des Entwurfsverfahrens das globale Verhalten der Anlage aus den lokalen Beschreibungen automatisch konstruiert.

30

Die Codegenerierung für die Steuerung und Regelung einer zu projektierenden Anlage kann entweder unmittelbar auf der Beschreibung der Anlage aufsetzen oder alternativ auf dem ausführbaren Modell der Steuerung und Regelung basieren. Gemäß 35 letzterer Alternative ist es dafür erforderlich, daß die Steuerungs- und Regelungsvorgänge explizit deterministisch

beschrieben sind. Es wird in diesem Fall von einer alternativen Codegenerierung gesprochen.

Die alternative Codegenerierung nutzt gewisse Phasen eines  
5 bekannten CSL-Compilers, in dem sie nicht auf der bekannten Sprache CSL, sondern auf der Sprache SCSL aufsetzt. Es wird dabei nicht der volle Umfang der Sprache SCSL von der alternativen Codegenerierung berücksichtigt. Hierzu ist in Figur 5 ein sogenannter CSL-Compiler 30 dargestellt, dem aus Figur 1 bis Figur 4 die Blöcke der Komponentenbibliothek 11 und des konkreten Anlagenaufbaus 12 zugeordnet sind. Der CSL-Compiler 30 besteht aus den Einheiten 31 für die Instantiierung, 32 für die sogenannte Expansion, 33 für die Codierung und 34 für das Gleichungslösen, mit denen ein Automat 40 generiert wird.  
10 Bei der alternativen Codegenerierung wird an der Einheit 32 abgegriffen und über die SCSL-Sprache in der Einheit 36 zur Codegenerierung der tatsächliche Code realisiert.  
15

Bei der Sprache SCSL wird also vom CSL-Compiler 30 ein  
20 Zwischenergebnis ausgenutzt, das nach der Expansion erzeugt wird. Als Zielsprache wird bei der Codegenerierung ein zielmaschinenunabhängiger Zwischencode erzeugt, der der Norm IEEC 1131-3 entspricht.

25 Das an den Prinzipschaubildern gemäß Figuren 1 und 3 erläuterte Verfahren geht aus von Verfahren zur Beschreibung und Analyse zustandsähnlicher Systeme. Dieses Verfahren ermöglicht die Konstruktion der Steuerung und Regelung einer hierarchisch aufgebauten Anlage aus der Strukturbeschreibung und der Beschreibung lokaler Steuerungs- und Regelungsvorgänge. Damit werden die Inkonsistenzen zwischen den unterschiedlichen lokalen Anforderungen automatisch aufgedeckt. Die Regelungsaufgaben sind dagegen weitgehend entkoppelt, so daß eine Trennung in analoge und diskrete Zusammenhänge möglich ist.  
30  
35

Für eine simulative Validation der Steuerung- und Regelungsvorgänge wird das Verhalten von Prozeß, Sensorik und Aktorik in Form eines Simulationsmodells beschrieben. Das Gesamtverhalten der Anlage wird auch hier durch eine Kombination lokaler Modelle unter Berücksichtigung der Strukturbeschreibung konstruiert. Für die Validation des Diagnoseanteils werden zusätzlich mögliche Fehlerfälle von Komponenten modelliert.

Zur Analyse von Störungen, die durch Anlagenfehler hervorgerufen werden, lassen sich Verfahren der modellbasierten Diagnose verwenden. Dafür wird die Kombination lokaler Modelle des Normal- und Fehlverhaltens von Komponenten entsprechend der Anlagenstruktur zur Erkennung und Identifikation von Fehlern benutzt. Für eine engere Integration von Steuerungsentwurf und Diagnosetechnik sind Konzepte zur Fehlererkennung durch die Steuerung und Analyse des Steuerungszustandes bekannt.

Aus Figur 6 ergibt sich im wesentlichen selbsterklärender Weise, wie die Diagnose durch Finden und Analyse von Diskrepanzen erfolgen kann. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Erkennung des Zielverhaltens eines technischen Systems die Bestimmung plausibler Erläuterungen für das beobachtete Fehlverhalten, d.h. die Diagnose, für die Wiederherstellung seiner ursprünglichen Funktion entscheidend ist. Die Diagnose setzt dabei das Wissen über das normale erwartete Verhalten des Systems voraus.

Bei der modellbasierten Diagnose gemäß Figur 4 wird von einem expliziten Modell des zu diagnostizierenden Systems ausgegangen. Dies Modell umfaßt eine Beschreibung der Struktur des Systems, d.h. der Komponenten und ihrer Verbindungen, sowie lokale, d.h. kontextfreie Beschreibungen des Verhaltens einzelner Komponenten. Es werden im wesentlichen qualitative Modelle verwendet, um den Modellierungsprozeß zu vereinfachen.

Auf der Basis einer solchen Systembeschreibung wird unter der Annahme, daß jede Komponente sich korrekt verhält, das Verhalten des Gesamtsystems vorhergesagt und dabei protokolliert, von welchen Korrektheitsannahmen bestimmte Aspekte dieses Verhaltens abhängen. Treten Diskrepanzen zwischen vorhergesagtem und beobachtetem Verhalten auf, werden die protokollierten Abhängigkeiten verwendet, um die Mengen von Korrekturannahmen zu identifizieren, die für die Diskrepanzen verantwortlich ist. Diese Mengen von inkonsistenten Annahmen werden auch Konflikte genannt. Um alle Konflikte aufzulösen, muß eine Diagnose mindestens eine Annahme aus jedem Konflikt zurückziehen. Auf diese Weise erhält man im allgemeinen mehrere Diagnosen, die sich durch genauere Modelle und zusätzliche Beobachtungen weiter modifizieren lassen.

**Patentansprüche**

1. Entwurfsverfahren für die Anlagentechnik, insbesondere zur Verwendung bei der Automatisierung von Industrieanlagen, wo-

5 bei die Technologie der Anlage durch Prozeßtechnik einerseits und durch Leittechnik andererseits beschrieben wird, gekennzeichnet durch folgende Maßnahmen:

- Es werden aus Modellen der Prozesse und der Leittechnik verfahrenstechnische Objekte gebildet,

10 - die verfahrenstechnischen Objekte werden in einem rechnergestütztem Projektierungssystem verarbeitet,

- daraus werden ineinander verzahnte Modelle bestehend aus Steuerung und/oder Regelung und/oder Simulation einschließlich Störungsanalyse erzeugt.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahrensergebnis als Software und/oder als Hardware realisierbar ist.

20 3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine externe Spezifikation vorgegeben ist, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Spezifikation technologienah gewählt wird, so daß sich solche verfahrenstechnische Objekte ergeben, bei denen die Funktionsbeschreibung der

25 Strukturbeschreibung untergeordnet ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Spezifikation formal analysiert und simulativ validiert wird.

30

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Spezifikation ein zielmaschinenneutraler Code für Automatisierungssysteme erzeugt wird.

35 6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Benutzungsanalyse eine modellbasierte Diagnose durchgeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei der modellbasierten Diagnose eine Kombination lokaler Modelle angewandt wird.

5

8. Verfahren nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei Störungen, die durch Anlagenfehler hervorgerufen werden, Modelle des Normal- und Fehlverhaltens von Komponenten entsprechend der Anlagenstruktur herangezogen werden.

10

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Diagnosetechniken in den Anlagenentwurf integriert sind.

15

10. Rechnergestütztes Projektierungssystem zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 9; enthaltend einen Digitalrechner mit Zentraleinheit, Arbeits-, Programm- und Datenspeichern und mit Mitteln zur Codegenerierung, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Digitalrechner (10) gleichermaßen ein Zugriff auf eine Bibliothek (11) von verfahrenstechnischen Komponententypen und auf eine Beschreibung (13) der Elemente der konkreten Anlage (12) erfolgt.

25

11. Projektierungssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Komponentenbibliothek (11) Bestanteil des Datenspeichers ist.

30

12. Projektierungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die verfahrenstechnischen Komponententypen einen hierarchischen Aufbau bilden.

35

13. Projektierungssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Bibliothek (11) der verfahrenstechnischen Komponententypen eine branchenspezifische Ausprägung hat.

14. Projektierungssystem nach Anspruch 10, daß durch gekennzeichnet, daß die verfahrenstechnischen Komponententypen aus der Sicht eines Technologen definiert

5 sind und ein unmittelbarer Bezug zur Prozeßtechnik besteht.

15. Projektierungssystem nach Anspruch 14, daß durch gekennzeichnet, daß das Verhalten der verfahrenstechnischen Komponententypen hinsichtlich Steuerung

10 und/oder Regelung, Prozeßsimulation und Störungsanalyse spezifiziert ist.

16. Projektierungssystem nach Anspruch 10, daß durch gekennzeichnet, daß für eine konkrete Anlage

15 (12) durch Instanziierung der Verfahrenstechnischen Komponententypen der Anlagenaufbau realisiert ist.

17. Projektierungssystem nach Anspruch 10, daß durch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Code-

20 generierung im Programmspeicher des Rechners geladen sind und automatisiert arbeiten.

18. Projektierungssystem nach Anspruch 17, daß durch gekennzeichnet, daß ein CSL-Compiler (30)

25 vorhanden ist, der zur Codegenerierung genutzt wird.

1/4

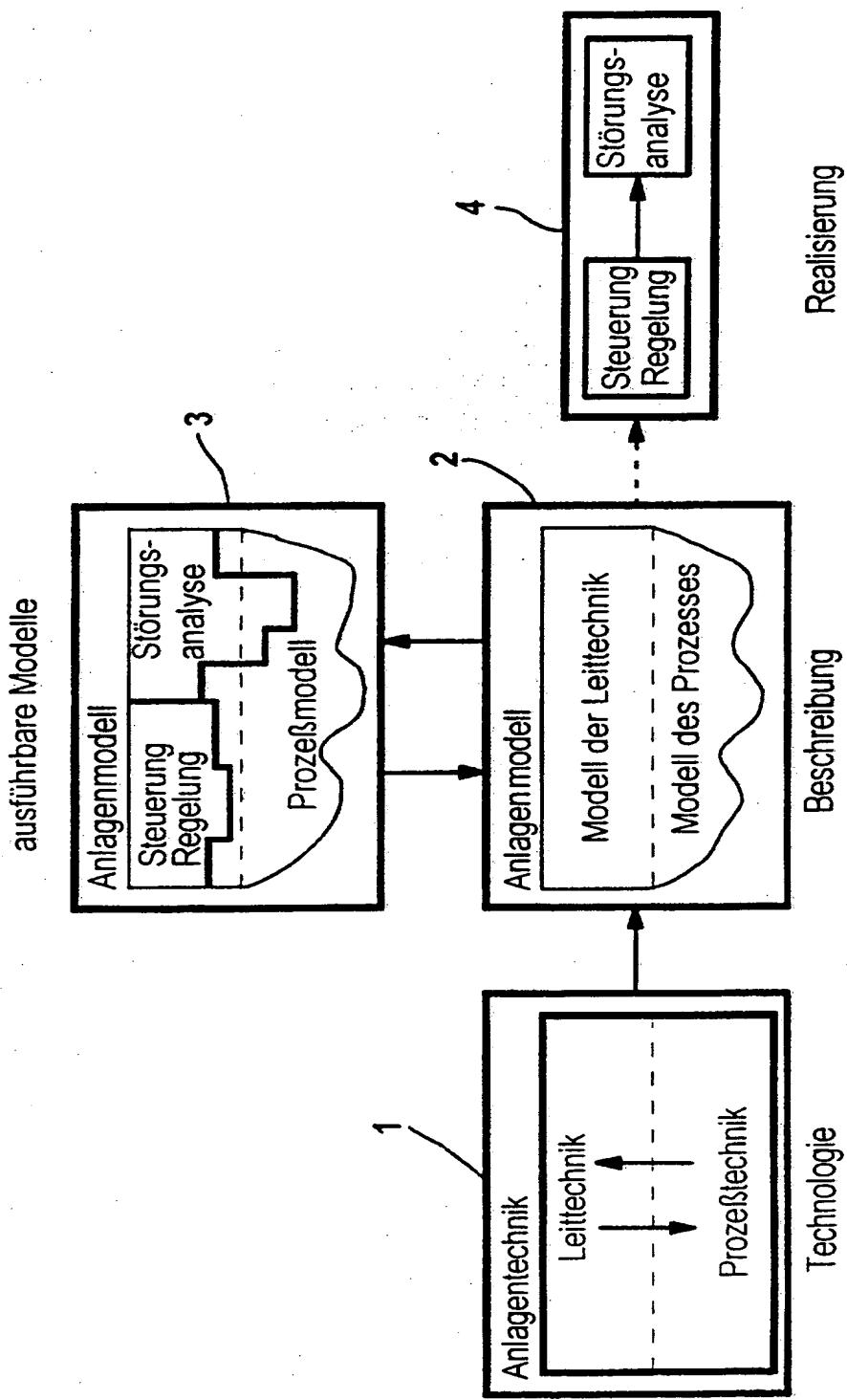


FIG 1

2/4

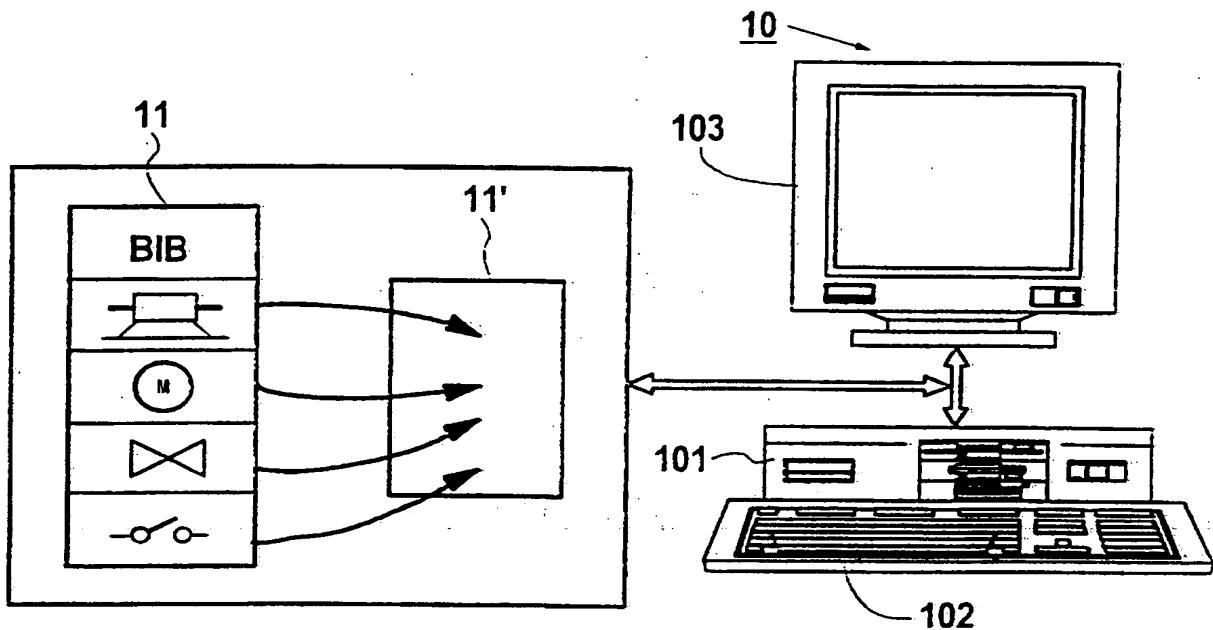


FIG 2

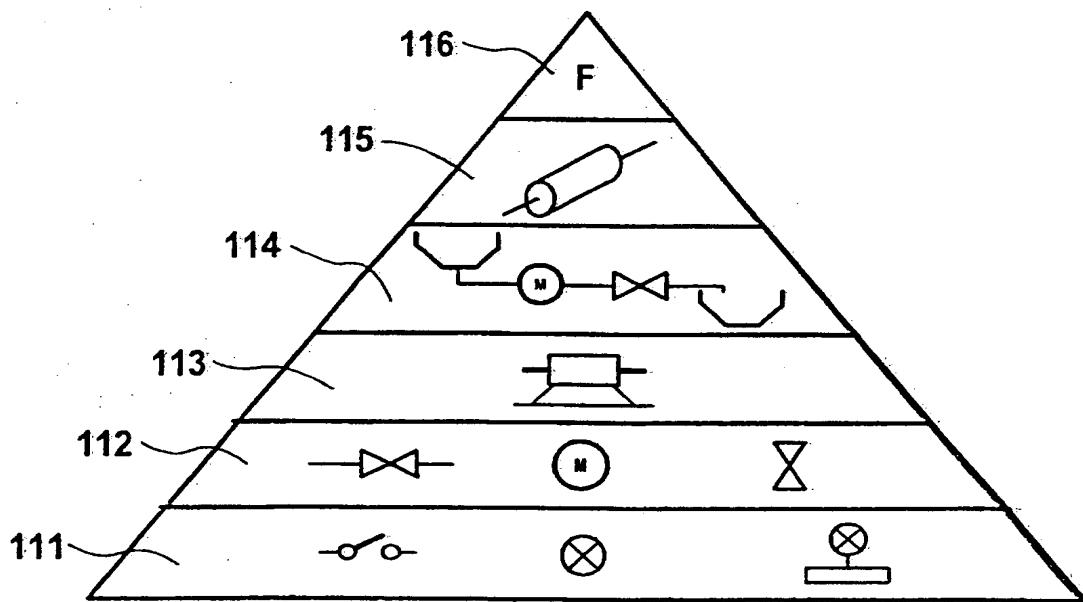


FIG 3

3/4

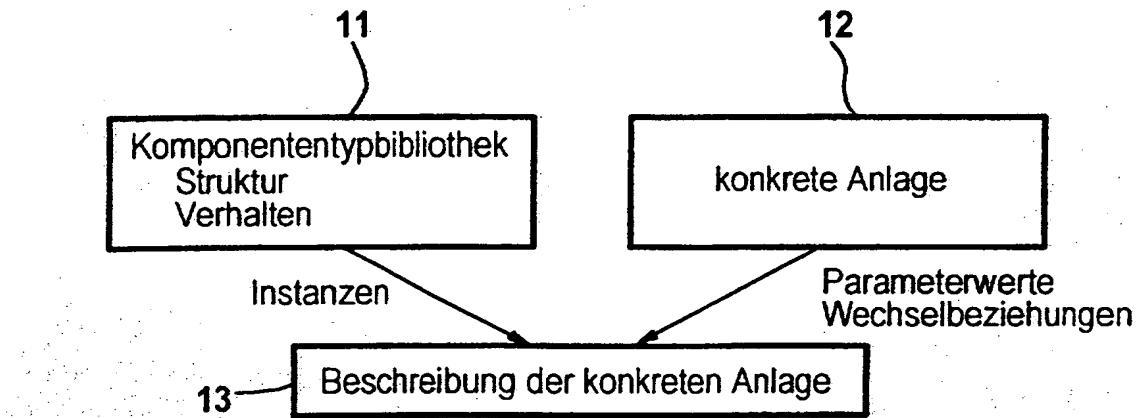


FIG 4

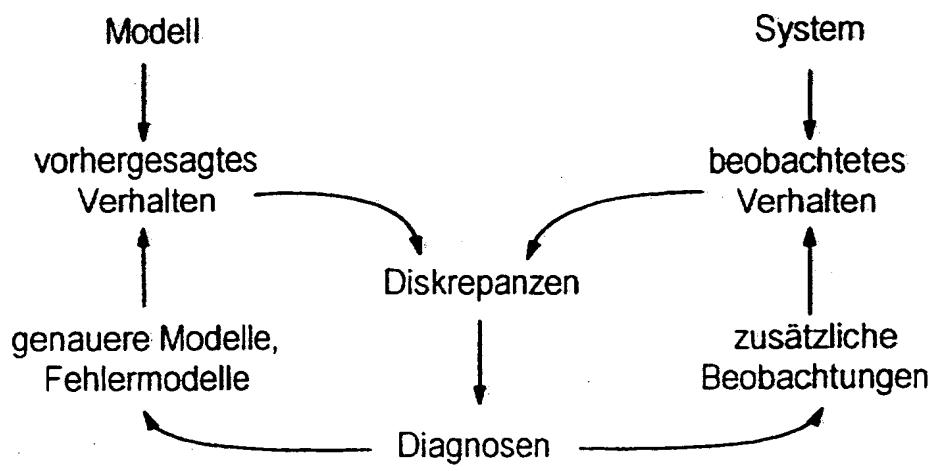


FIG 6

4/4

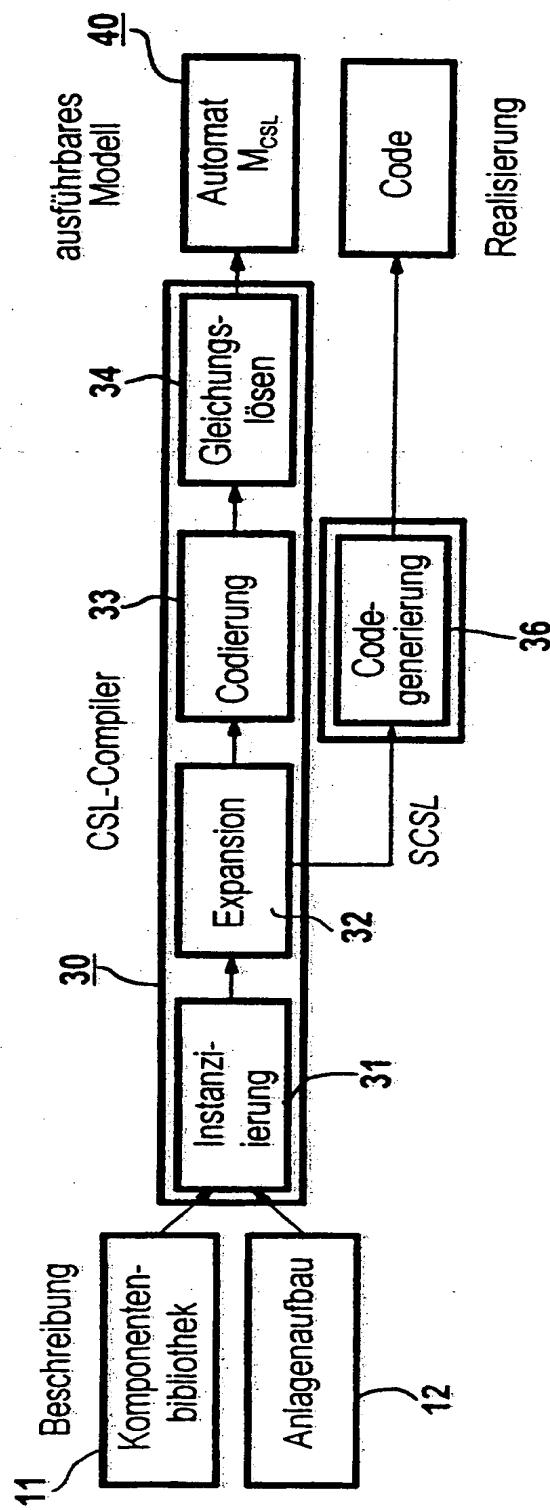


FIG 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE 96/01815

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 G05B17/02 G05B23/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 94 12914 A (SIEMENS AG) 9 June 1994 cited in the application see the whole document ---	1
A	JOURNAL OF PARALLEL AND DISTRIBUTED COMPUTING, vol. 15, no. 2, 1 June 1992, pages 90-102, XP000275612 KARSAI G ET AL: "MODEL-BASED INTELLIGENT PROCESS CONTROL FOR COGENERATOR PLANTS" see the whole document ---	1
A	US 4 965 743 A (MALIN JANE T ET AL) 23 October 1990 see the whole document ---	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*'E' earlier document but published on or after the international filing date
- \*'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*'&' document member of the same patent family

2

Date of the actual completion of the international search

19 February 1997

Date of mailing of the international search report

04.03.97

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kelperis, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE 96/01815

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>COMPUTERS IN INDUSTRY,      vol. 18, no. 2, 1 February 1992,      pages 135-144, XP000258301</p> <p>BARNIKOW A ET AL: "DICTUM: DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ANALYSIS AND SYNTHESIS OF LARGE -SCALE INDUSTRIAL SYSTEMS PART I: COMPONENTS"      see the whole document</p> <p>---</p>	1
A	<p>1992 IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTER AIDED CONTROL SYSTEM DESIGN,      17 March 1992, USA,      pages 165-172, XP000616816</p> <p>B.NILSSON: "OBJECT-ORIENTED CHEMICAL PROCESS MODELLING IN OMOLA"      see figure 11</p> <p>-----</p>	1
2		

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/DE 96/01815

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9412914	09-06-94	EP-A- 0671027	13-09-95
US-A-4965743	23-10-90	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Patentzeichen  
PCT/DE 96/01815

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 G05B17/02 G05B23/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)

IPK 6 G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 94 12914 A (SIEMENS AG) 9.Juni 1994 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1
A	JOURNAL OF PARALLEL AND DISTRIBUTED COMPUTING, Bd. 15, Nr. 2, 1.Juni 1992, Seiten 90-102, XP000275612 KARSAI G ET AL: "MODEL-BASED INTELLIGENT PROCESS CONTROL FOR COGENERATOR PLANTS" siehe das ganze Dokument ---	1
A	US 4 965 743 A (MALIN JANE T ET AL) 23.Okttober 1990 siehe das ganze Dokument ---	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfunderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfunderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

'&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Anmeldedatum des internationalen Recherchenberichts

19. Februar 1997

04.03.97

Name und Postanschrift der internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo.nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kelperis, K

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

International  
 Patentzeichen  
 PCT/DE 96/01815

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	COMPUTERS IN INDUSTRY, Bd. 18, Nr. 2, 1. Februar 1992, Seiten 135-144, XP000258301 BARNIKOW A ET AL: "DICTUM: DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ANALYSIS AND SYNTHESIS OF LARGE -SCALE INDUSTRIAL SYSTEMS PART I: COMPONENTS" siehe das ganze Dokument ----	1
A	1992 IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTER AIDED CONTROL SYSTEM DESIGN, 17. März 1992, USA, Seiten 165-172, XP000616816 B.NILSSON: "OBJECT-ORIENTED CHEMICAL PROCESS MODELLING IN OMOLA" siehe Abbildung 11 -----	1
2		

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

International Patentzeichen

PCT/DE 96/01815

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A-9412914	09-06-94	EP-A- 0671027	13-09-95
US-A-4965743	23-10-90	KEINE	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**